# Über den Ursprung der hinteren Nervenwurzeln im Rückenmark von Ammocoetes (Petromyzon Planeri).

Von **Sigmund Freud,** stud. med.

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

(Mit 1 Tafel.)

**(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Jänner 1877.)**

Aus dem LXXV. Bande der Sitzb. der k. Akad. der Wissensch. III. Abth. Jänner-Heft. Jahrg. 1877.



Aus dem LXXV. Bande der Sitzb. der k. Akad. der Wissensch. III. Abth. Jänner-Heft. Jahrg. 1877.

# Über den Ursprung der hinteren Nervenwurzeln im Rückenmark von Ammocoetes (Petromyzon Planeri).

Von **Sigmund Freud,** stud. med.

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)




(Mit 1 Tafel.)

**(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Jänner 1877.)**

Im Rückenmark der Petromyzonten (*P. marinus*, *P. fluviatilis* u. *P. Planeri)*, mit dem sich die Beobachter seit Johannes Müller's Untersuchungen über das Nervensystem der Cyclostomen vielfach beschäftigt haben, finden sich in jeder Höhe und beiderseits grosse Nervenzellen neben und etwas hinter dem Centralkanal. Dieselben sind als besondere Gattung von Zellen unterschieden worden und führen den Namen der „grossen runden" oder „grossen bipolaren" Zellen. Der erstere Name rührt von dem Bilde her, das sie auf Querschnitten darbieten, wo sie meist rund und fortsatzlos erscheinen; den zweiten Namen führen sie nach dem Bilde, das sie auf Längsschnitten geben, indem sie da lange und entgegengesetzt gerichtete Fortsätze nach oben und nach unten zeigen. Es erscheint correcter, ihnen eine Bezeichnung von ihrer Lage zu entlehnen und sie mit Reissner „grosse innere Zellen" oder vielmehr aus Gründen, die weiterhin zur Sprache kommen werden, „Hinterzellen" zu nennen. Mit der Deutung dieser Hinterzellen also im Rückenmark von Petromyzon hat sich Stilling (Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, 1859) beschäftigt; er stellt sie als hintere Zellensäule den Dorsalkernen oder Clarke'schen Säulen im Rückenmark der Säuger gleich und „statuirt", dass Fasern der hinteren Nervenwurzeln aus ihnen entspringen, wenngleich es ihm, wie er ausdrücklich sagt, nicht gelungen ist, dieses Verhältniss wirklich zu beobachten.

Reissner (Müller's Archiv 1860), der die von Stilling ausgesprochene Deutung in Zweifel zog, hat an diesen Zellen „in höchst seltenen Fällen Fortsätze gesehen, die wagrecht nach aussen oder senkrecht nach oben (hinten: wenn man das Rückenmark von Petromyzon nach dem menschlichen orientirt) verliefen", deren Länge aber eine geringe war. „In der Regel, bemerkt Reissner, fehlen solche Fortsätze". Einen solchen nach oben (hinten) verlaufenden Fortsatz einer Hinterzelle hat auch Langerhans in den Untersuchungen über *Petromyzon Planeri* 1873 abgebildet und bemerkt von ihm im Text, dass er in die Bahnen der oberen (hinteren) Wurzel einlenkt. Da aber die anfängliche Richtung eines Nervenzellfortsatzes nichts über dessen endliches Schicksal aussagt, und im Rückenmark von Petromyzon sehr oft andere Zellfortsätze angetroffen werden, die bis knapp an den Rand des Rückenmarks reichen, an Stellen, wo überhaupt keine Wurzelfasern austreten, gibt auch die Beobachtung von Langerhans keinen sicheren Aufschluss darüber, ob die Hinterzellen in der von Stilling vermutheten Beziehung zu den hinteren Wurzeln stehen.

Die vorliegende Untersuchung über den Ursprung der hinteren Nervenwurzeln ist an Ammocoetes, an der Jugendform des bei uns vorkommenden Petromyzon Planeri angestellt worden. Man wird nicht annehmen, dass sich das Rückenmark von Ammocoetes wesentlich von dem des Petromyzon unterscheiden könne: Untergeordnete Unterschiede aber würden für unseren Gegenstand gar nicht in Betracht kommen, da es sich um die Sicherstellung einer Ursprungsweise hinterer Wurzelfasern handelt, welche nicht im Laufe der Zeit abhanden kommen oder bei nahe verwandten Thierarten einmal vorhanden, das andere Mal nicht vorhanden sein könnte, welche vielmehr, wenn sie überhaupt einmal bei einem Wirbelthier gefunden ist, schwerlich für die übrigen ohne Weiteres in Abrede gestellt werden wird, wenn es auch vielleicht noch lange dauert, ehe sie sich in den höher stehenden Abtheilungen zur Evidenz bringen lässt.

Es hat sich mir bei dieser, wie gesagt an Ammocoetes und zwar an einer grösseren Anzahl von Exemplaren angestellten Untersuchung ganz unzweifelhaft ergeben, dass die Hinterzellen Fortsätze haben, die als hintere Wurzelfasern das Rückenmark

verlassen. Gewöhnlich zeigt zwar der Querschnitt einer Hinterzelle rundliche oder zum Theil durch die Einwirkung der Reagentien ausgezackte Contouren, aber oft genug sieht man auf Querschnitten den Zellenleib mit einer trichterförmigen Verschmälerung in einen Fortsatz übergehen, welcher rein sagittal verläuft, oder häufiger einen nach innen convexen Bogen macht, den hinteren Rand des Rückenmarks derselben Seite dort erreicht, wo sonst die hinteren Wurzeln austreten und ein Stück weit ausserhalb des Rückenmarks als Nervenfaser der hinteren Wurzel zu verfolgen ist (Fig. 1). Der Übergang vom Nervenzellfortsatz zur Nervenfaser ist nicht wie bei anderen Wirbelthieren durch das Auftreten einer Markscheide bezeichnet, weil diese, wie Stannius (Göttinger Nachrichten 1850) gefunden hat, den Nerven der Petromyzonten fehlt. Dagegen setzt sich oft, aber doch nicht einmal in der Hälfte der Fälle, der trichterförmige Ansatz der Nervenfaser an die Zelle vom eigentlichen Zellenleib durch eine feine Linie, die einer Färbungsgrenze entspricht, ab, ganz wie diess Stilling von anderen Ursprüngen von Nervenfasern aus Zellen beschreibt. Hat man das Rückenmark nicht isolirt, sondern das Thier als Ganzes gehärtet und dann Schnitte durch dasselbe angefertigt, die das Rückenmark in seiner natürlichen Lage zeigen, so gelingt es, einen solchen Fortsatz einer Hinterzelle durch die *Pia mater* hindurch in ununterbrochener Continuität bis in ein hinteres Wurzelbündel zu verfolgen, welches man seinerseits auf demselben Präparate aus dem Sack der *Dura mater* austreten und bisweilen noch in das Spinalganglion eintreten sieht (Fig. 2).

Ich habe den durch seinen trichterförmigen Anfang und seinen Verlauf nach hinten und etwas nach aussen in der Ebene des Querschnitts charakterisirten Hinterzellenfortsatz sehr oft gesehen und auch verhältnissmässig oft ihn als Nervenfaser mit aller Sicherheit in die hintere Wurzel verfolgen können. Wenn ich in Rechnung ziehe, wie sehr es vom Zufall abhängt, ein so grosses Stück einer und derselben Faser auf einem Querschnitt zu erhalten, und mit den Querschnittbildern die Längsschnittbilder vergleiche, muss ich den Schluss ziehen, dass von allen Hinterzellen auf die beschriebene Weise Fasern der hinteren Wurzeln entspringen. Es würde mit dieser Annahme nicht zu vereinigen sein,

wenn im Rückenmark des Ammocoetes mehr Hinterzellen als Fasern der hinteren Wurzeln vorhanden wären. Aber ein solcher Überschuss existirt ganz gewiss nicht, wie später gezeigt werden wird.

Die Hinterzellen scheinen auf den ersten Blick eine durch Lage, anatomische Verbindungen und Aussehen von den anderen Zellen des Rückenmarks gut abgegrenzte Gruppe darzustellen. Nun ist es zwar richtig, dass man niemals eine hintere Wurzelfaser mit einer anderen als einer Hinterzelle in Verbindung sieht; aber es ist doch nicht möglich, die Zellen neben und hinter dem Centralkanal durch eine allen gemeinsame Eigenthümlichkeit der Gestalt zu charakterisiren, obwohl sie gewöhnlich andere Bilder als anderswo gelegene Zellen geben. Sie sind zwar im Allgemeinen grösser als die Zellen des Vorderhorns und werden nur von einigen vielverzweigten Riesenzellen, die sich daselbst nicht ganz constant vorfinden, übertroffen, aber ihre Grösse schwankt selbst sehr bedeutend. Mitunter liegen zwei kleine Hinterzellen ganz nahe aneinander, die zusammen den Umfang einer grossen haben.

Die verschiedenen Formen der Hinterzellen kann man, wenn man will, alle aus der Kugelform ableiten; doch ist dabei zu bemerken, dass die Abweichungen von derselben, je nach der Art, wie die Fortsätze entspringen, verschieden sind. Der eine Fortsatz, mit dem wir uns bisher beschäftigt haben, pflegt sich mittelst einer trichterförmigen Erweiterung mit dem Zellenleib zu verbinden.

Sehr oft sind die Hinterzellen, wie schon erwähnt, auf dem Längsschnitt spindelförmig und diese stehenden Spindeln werden manchmal so schmal, dass sie sich von manchen Nervenzellen des Vorderhorns und solchen, die in der weissen Substanz zerstreut liegen, nur wenig unterscheiden. Der Kern der Hinterzellen ist kugelrund oder ellipsoidisch, je nach der Gestalt des Zellenleibs, an Chromsäurepräparaten in der Regel heller als letzterer und enthält sehr oft zwei Kernkörperchen. Es hat Mauthner (Denkschriften der Wiener Akademie 39. Bd.) gefunden, dass im Rückenmark des Hechts ganz constant die Zellen, die er als Ursprungsstätten hinterer Wurzelfasern ansehen musste, einen Kern besassen, der bei der Karminfärbung heller blieb als Zellprotoplasma und Kernkörperchen; dass hingegen die Kerne der

Zellen, die mit Fasern der vorderen Wurzeln in Verbindung standen, sich stärker mit Karmin imbibirten als das Protoplasma der Zellen. Im Rückenmark von Ammocoetes verhalten sich die Zellen, aus denen vordere Wurzelfasern entspringen, nach Chromsäurehärtung selten anders gegen Karmin als die Hinterzellen. Man erhält oft Präparate, auf denen alle Zellen hellere Kerne besitzen. Um die Beschreibung der Hinterzellen zu vervollständigen, füge ich hinzu, dass die Anordnung derselben, die man an Längsschnitten oder an unversehrten Stücken Rückenmarks, die man durchsichtig gemacht hat, — an natürlichen Längsschnitten — studiren kann, eine sehr unregelmässige ist. Es kommen Stellen vor, wo die Hinterzellen gehäuft liegen, daneben andere, wo sie nur vereinzelt und durch weite Distanzen getrennt gefunden werden. Die Hinterzellensäule der einen Seite ist durchaus nicht symmetrisch gegen die der anderen. Auch die Anzahl der Zellen in einem Stück Rückenmark von bestimmter Länge ist nicht immer auf beiden Seiten die nämliche. Im Caudaltheil des Rückenmarks liegen die Hinterzellen mehr zusammengedrängt als anderswo und scheinen darum dort zahlreicher als im übrigen Mark vorhanden zu sein. Es hängt diess aber vielleicht damit zusammen, dass im Caudalmark die Abstände zweier gleichnamiger Wurzeln, also auch die Wurzelgebiete kleiner werden.

Ausser den Fortsätzen, die zu hinteren Wurzelfasern werden, zeigen die Hinterzellen auf Querschnitten seltener Fortsätze, die hinter dem Centralkanal in die andere Rückenmarkshälfte hinübertreten. Die nächste Vermuthung, die sich darbietet, ist die, dass es diese Fortsätze seien, welche die Verbindung der Zellen mit dem Gehirn vermitteln. Es ist ja bekannt, dass die sensiblen Bahnen, bald nachdem sie in das Rückenmark eingetreten sind, auf die andere Seite hinübertreten und auf ihr zum Gehirn verlaufen, wie diess die pathologische Beobachtung und das physiologische Experiment hinreichend dargethan haben. Man muss indess hier vorsichtig sein: ganz so unmittelbar scheint das Übertreten auf die andere Seite, wenigstens beim Menschen nicht zu erfolgen. In einem von Dall'Armi (Centralblatt der medicinischen Wissenschaften, 1876, Nr. 16) beobachteten Falle von Verwundung des Rückenmarks in Schulterblatthöhe war die Anästhesie

am Rumpf auf derselben Seite und erst am Bein auf der anderen Seite. In der That sind auf Längsschnitten an den Hinterzellen Fortsätze zu beobachten, die man mit grosser Wahrscheinlichkeit für die Verbindungen derselben mit dem Gehirn halten kann und die zunächst auf derselben Seite bleiben. Die Hinterzellen zeigen auf Längsschnitten nämlich jene zwei Fortsätze, die ihnen den Namen der bipolaren Zellen eingetragen haben. Der eine geht nach oben, der andere nach unten, sie sind oft auf Strecken von 0·15$^{mm}$ und darüber zu verfolgen. Einen absteigenden Längsfortsatz einer Hinterzelle habe ich einmal nach längerem Verlauf zu einer hinteren Wurzelfaser umbiegen sehen; ich muss es also wahrscheinlich finden, dass die unteren Längsfortsätze der Hinterzellen — wenigstens theilweise — nichts anderes als Nervenfaserfortsätze sind. In den Fällen aber, wo der nach unten verlaufende Fortsatz einer bipolaren Hinterzelle zu einer hinteren Wurzelfaser wird, kann der aufsteigende Fortsatz kaum für etwas anderes als für die Verbindungsfaser zum Gehirn, die später auf die andere Seite übertritt, angesehen werden. Auch schiefe Fortsätze, die mit einem langen und nur sehr allmählich sich verschmälernden Trichter beginnen, habe ich auf Längsschnitten gefunden,aber nichts über ihren Verlauf beobachtet.

Nachdem nun feststeht, dass die in der Ebene des Längsschnittes absteigenden und die in der Ebene des Querschnittes verlaufenden Fortsätze der Hinterzellen als hintere Wurzelfasern aus dem Rückenmark austreten, ist es von Wichtigkeit, den Weg der Fasern aus der hinteren Wurzel ins Rückenmark zu verfolgen. Wenn man zu dem Zwecke eine Reihe von Längsschnitten anfertigt, findet man, dass die hinteren Nervenwurzeln mehrere Verschiedenheiten von den vorderen zeigen, die nicht ohne Analogie bei höheren Wirbelthieren sind. Die Fasern der vorderen Wurzeln fahren sofort, nachdem sie durch die *Dura mater* hindurchgetreten sind, pinselförmig auseinander oder sondern sich in zwei, manchmal drei oder vier kleinere Bündel, innerhalb deren die Fasern wiederum divergiren. Sie treten dann weit von der Mittellinie entfernt, ins Rückenmark ein, beschreiben in demselben kurze Bögen nach oben und nach unten von ihrer Eintrittsstelle, und erreichen die vordere graue Substanz und die ihr nächsten Partien der weissen Stränge.

Die hinteren Wurzeln stellen vom Spinalganglion bis zur Eintrittsstelle ins Rückenmark, welche der Medianebene sehr genähert ist, eng zusammengefasste, parallelfaserige Bündel dar, die eine geringere Anzahl von Fasern als die vorderen Wurzeln führen. Die Breite der in einer Wurzel beisammen liegenden Fasern ist sehr verschieden; es kommen Fasern vor, die drei bis vier mal so breit sind als andere Fasern derselben Wurzeln, doch habe ich niemals Fasern von den Dimensionen der colossalen, von Johannes Müller entdeckten, in den Vordersträngen des Rückenmarks liegenden Fasern in einer Wurzel gefunden. So lange die Wurzeln zwischen *Dura* und *Pia mater* im arachnoidealen Raum verlaufen, sind ihren Fasern zahlreiche Kerne aufgelagert. Sie liegen auf dieser Strecke ihres Verlaufes der äusseren Fläche der *Pia mater* enge an, und heben sich mit einer scharfen Beugung von ihr ab, wenn sie ins Rückenmark eintreten. Dann gehen einige Fasern, sich trichterförmig erweiternd, in Hinterzellen über. Andere Fasern, und zwar die Mehrzahl, knicken beinahe im rechten Winkel aus ihrer queren Verlaufsrichtung nach oben und nach unten um und bilden auf Strecken, die oft der Länge eines Wurzelgebietes gleichkommen, Längsfasern der weissen Substanz, besonders der Theile derselben, welche zunächst die Hinterzellen umgeben. Mitunter sieht man die Wurzelfasern nur nach einer Richtung nach oben umbiegen. Auf manchen Präparaten sieht man den grössten Theil der Fasern die eine Richtung und nur vereinzelte Fasern die entgegengesetzte einschlagen.

Ich habe schon erwähnt, dass es mir in einem Falle gelungen ist, eine nach oben umbiegende Nervenfaser in eine Hinterzelle zu verfolgen, so dass ich die nach oben umbiegenden Wurzelfasern wenigstens zum Theil für identisch halten muss mit den Längsfortsätzen der Hinterzellen. Es liegt nahe, anzunehmen, dass auch die nach unten umbiegenden Fasern theilweise identisch sind mit den nach oben verlaufenden Zellfortsätzen. Dass sie alle mit denselben identisch sind, wird durch das Folgende in hohem Grade zweifelhaft werden. Diese Annahme würde nämlich voraussetzen, dass alle Fasern der hinteren Wnrzeln aus solchen Hinterzellen hervorgehen. Das scheint nicht der Fall zu sein. Ich habe an unzerschnittenen Stückchen Rückenmark,

die ich, so weit es nothwendig war, durchsichtig gemacht hatte, die Distanzen der hinteren Wurzeln von einander, die ich als Aequivalente für die Höhen der Wurzelgebiete ansah, gemessen, die Menge der Hinterzellen in einem gemessenen Stück Rückenmark gezählt und durch Division der Länge solcher Stückchen, an denen ich die Hinterzellen gezählt hatte, durch die Höhe eines Wurzelgebietes, die Anzahl der Hinterzellen zu bestimmen gesucht, die auf ein Wurzelgebiet im Durchschnitt entfällt. Ich habe bei dieser Art des Zählens gefunden, dass ungefähr 7—13 Hinterzellen jederseits auf eine hintere Wurzel kommen, während die Anzahl der in einer hinteren Wurzel enthaltenen Fasern eine viel bedeutendere ist; ich zählte z. B. in einem Falle ihrer mehr als dreissig.

Obgleich diese Rechnungen eine geringe Genauigkeit bieten, weil ich genöthigt war, die Wurzeldistanzen und Fasermengen an anderen Stücken Rückenmark zu untersuchen als diejenigen waren, an denen ich die Hinterzellen gezählt habe, so unterliegt es doch keinem Zweifel, dass das Resultat, auf das es hier ankommt, richtig ist: das Resultat nämlich, dass in einer hinteren Wurzel mehr Fasern enthalten sind, als aus den Hinterzellen, die in ihrem Wurzelgebiet liegen, herstammen können.

Es kann diess in zweierlei Weise gedeutet werden, entweder so, dass weiter aufwärts in der *Medulla oblongata* oder im Gehirn eine grössere Anzahl von Hinterzellen oder den Hinterzellen gleichwerthigen Zellen liegt, welche ihre Fasern das Rückenmark entlang in die hinteren Wurzeln schicken, oder zweitens so, dass der directe Ursprung aus Hinterzellen nicht allen Fasern der hinteren Wurzeln zukommt, sondern dass in letzteren zwei oder mehr Arten von Fasern vorkommen, die schon durch die Art ihres Ursprungs verschieden sind.

Die geringe Dicke des Rückenmarks von *Ammocoetes* macht es möglich, Frontalschnitte anzufertigen, die sowohl vordere als auch hintere Wurzeln in ihrem Ursprung vom Rückenmark und Durchtritt durch die *Dura mater* zeigen. Man findet dann, dass vordere und hintere Wurzeln einander nicht, wie man erwarten sollte, im Gesichtsfeld decken. Anstatt in derselben Ebene des Querschnitts das Rückenmark und den Sack der *Dura mater* zu verlassen, zeigen sich die einander entsprechenden vorderen und

hinteren Wurzeln beim Ursprung aus dem Rückenmark und beim Durchtritt durch die *Dura mater*, um eine Strecke gegen einander verschoben, die gleichkommt dem halben Abstand zwischen zwei gleichnamigen Wurzeln.

So zeigt ein mir vorliegendes Präparat, ein Frontalschnitt durch den Austritt der Wurzeln aus der *Pia* und der *Dura mater* jederseits 8 Wurzeln vom Rückenmark abgehen. Diese kennzeichnen sich durch ihre Lage, durch Besitz oder Mangel des Spinalganglions und durch ihr Aussehen als sensible oder motorische Wurzeln. Die im Präparate oben gelegenen Wurzeln mit Spinalganglion sind parallelfaserige Faserbündel, die unten gelegenen, denen ein Ganglion fehlt, sind gespaltene Büschel mit divergirenden Fasern. Die ersteren sind sensible, die letzteren motorische Wurzeln. Sie alterniren so, dass die erste Wurzel eine motorische oder vordere, die zweite eine sensible ist und so fort in regelmässiger Abwechslung bis zur achten, die wiederum eine hintere Wurzel ist.

Dabei zeigen die einzelnen Wurzeln folgende Distanzen von einander:

0·86 mm
0·56 „
0·86 „
0·86 „
0·69 „
0·86 „
0·42 „

Die mittlere Entfernung zweier gleichnamiger Wurzeln oder die Höhe eines Wurzelgebietes ist in diesem Falle = 1·5 mm. In einem anderen Falle, bei einem Thier von 140 mm Länge finde ich die Höhe eines Wurzelgebietes in der Mitte des Rückenmarks etwa = 1·3 mm; etwa 2 cm vor dem Ende des Rückenmarks nur 0·88 mm und im letzten von mir untersuchten etwas über 5 mm langen Stückchen des Caudalmarkes nur mehr 0·72 mm. Es rücken also im Caudalmark die Wurzeln zusammen und die Wurzelgebiete werden niedriger. An dem letzten Stück des Caudalmarks, das ich beobachten konnte, waren auch die vorderen und hinteren Wurzeln nicht mehr gegen einander verschoben.

Stieda hat in den Studien über den *Amphioxus lanceolatus* (Memoiren der Petersburger Akademie 1873) eine ähnliche Verschiebung der vorderen und hinteren Wurzeln gegen einander beim *Amphioxus* beschrieben. Bei diesem niedrigsten Wirbelthiere kommt aber noch hinzu, dass die beiden Hälften des Rückenmarks in Bezug auf die Wurzelursprünge nicht symmetrisch sind. Bei *Ammocoetes* ist vollständige Symmetrie der Seitenhälften des Rückenmarks mit Bezug auf die Ursprungsstellen der vorderen und hinteren Wurzeln vorhanden.

Die soeben erwähnte Eigenthümlichkeit im Ursprung und Verlauf der Spinalnervenwurzeln war zum Theil schon Johannes Müller bekannt. Er sagt in der vergleichenden Neurologie der Myxinoiden (Abhandlungen der Berliner Akademie 1838) p. 196: „Dass die Rückenmarksnerven mit zwei Wurzeln, einer hinteren und vorderen vom Rückenmark entspringen, lässt sich voraussetzen, aber nur im vordersten Theil des Rückenmarks, der unmittelbar auf die *Medulla oblongata* folgt, beweisen . . . . . . . . ; ferner p. 197: Im weiteren Verlaufe der Wirbelsäule sieht man aussen an der Chorda die doppelten Wurzeln der Spinalnerven deutlich getrennt, wenn es auch nicht gelingt, ihren Ursprung vom Rückenmark selbst an in Weingeist aufbewahrten Exemplaren zu sehen. Die aus dem Rückgrat hervorgetretenen Nervenwurzeln steigen über die Seite der *Chorda dorsalis* herunter. Sie sind hier um die Hälfte eines *Spatium intercostale* getrennt“ . . . . Ich will bemerken, dass Johannes Müller diese Bemerkungen in der Neurologie der Myxinoiden macht und im vergleichenden Theil nicht angibt, dass es sich bei Petromyzonten anders verhält. Indem ich Stücke des frischen Rückenmarks vorsichtig aus dem Thier herausnahm und die Hüllen unter der Lupe wegpräparirte, ist es mir gelungen, den alternirenden Ursprung von vorderen und hinteren Wurzeln in viel vollkommnerer Weise, als diess an Frontalschnitten möglich ist, zu sehen.

Die Verzögerung, welche diese Arbeit durch den Mangel von frischem Material mehrmals erlitten hat, war Veranlassung, diese Beobachtungen, so fragmentarisch sie sein mögen, zusammenzufassen. Ich hoffe, die Untersuchungen über das Rückenmark von *Ammocoetes* bald wieder aufnehmen zu können, um die

Bahnen der hinteren Wurzelfasern weiter, als es mir bis jetzt möglich war, mit Sicherheit zu verfolgen.

Das wesentlichste der hier mitgetheilten Resultate scheint mir der wenigstens an einem Wirbelthiere geführte entschiedene Nachweis des Ursprungs hinterer Wurzelfasern aus grossen Nervenzellen, die im ganzen Rückenmark vorhanden sind, zu sein. Um zu zeigen, wie sich meine Angaben zu den früher über diesen Gegenstand gemachten stellen, will ich die letzteren, soweit es nicht schon früher geschehen ist, kurz in Erinnerung bringen.

Die Angaben der Dorpater Forscher, dass die hinteren Wurzelfasern aus Zellen und zwar aus denselben Zellen, die auch die motorischen Fasern entstehen lassen, kommen, haben ebenso allgemeinen Widerspruch erfahren, wie die Behauptung von Jacubowitsch, dass es im menschlichen Rückenmark kleine Zellen der Hinterhörner sind, die die hinteren Wurzelfasern entsenden. Auch meine Beobachtungen liefern diesen Angaben keine Stütze. Der ersteren widersprechen sie, insoferne ich beim *Ammocoetes* (auch die Dorpater hatten das Rückenmark von Petromyzon untersucht) die vorderen Wurzelfasern aus anderen Zellen als den sensibeln hervorgehen sehe; der zweiten Angabe können sie, obwohl ich auch den Ursprung aus hinteren Zellen beschreibe, keine Stütze bieten, weil ich bei *Ammocoetes* die Ursprungszellen der hinteren Wurzeln gross, ja im Allgemeinen grösser als diejenigen finde, aus denen motorische Fasern ihren Ursprung nehmen.

Im Rückenmarke des Hechts hat Mauthner (Elemente des Nervensystems. Denkschriften der Wiener Akademie 39. Bd. und Sitzungsberichte 34. Bd.) Zellen neben und hinter dem Centralkanal aufgefunden, deren Fortsätze er in Beziehung zu hinteren Wurzelfasern bringen konnte. „Ich habe Fortsätze der *sub* 3 beschriebenen Zellen, sagt er, zahlreich gegen die Austrittsstelle der hinteren Wurzel hin verlaufen sehen, und da ich auch den directen Übergang dieser Fortsätze in markhaltige Fasern der hinteren Wurzel beobachtet habe, so entfällt jeder Zweifel darüber, dass es in Wahrheit sensitive Zellen sind.“ Und ein andermal erwähnt er, dass er „Fortsätze (dieser Zellen) regelmässig gegen die Austrittsstelle der hinteren Wurzel hin verlaufen gesehen, den

directen Übergang solcher Fortsätze in markhaltige Fasern der hinteren Wurzel aber nur in einzelnen Fällen beobachtet" habe.

Es ist aber zweifelhaft, ob es sich hiebei um Elemente handelt, die allen hinteren Wurzeln angehören, weil Mauthner hinzufügt, dass diese Ursprungszellen der hinteren Wurzelfasern ausschliesslich im obersten Theil des Rückenmarks vorkommen und sich in die *Medulla oblongata* und den Hirnstamm fortsetzen, dagegen im übrigen Rückenmark fehlen.

Andererseits gibt Mauthner in einer „Vorläufigen Mittheilung über das Rückenmark der Fische" (Wiener Sitzungsberichte Bd. 34) an, dass die hinteren Wurzelfasern sich aus einem Fasernetz sammeln, in das gewisse Fortsätze von anderen Nervenzellen eingehen.

In neuester Zeit hat bekanntlich Gerlach den directen Zusammenhang der hinteren Wurzelfasern mit Nervenzellen in Abrede gestellt und ihren Übergang in das sogenannte Protoplasmanetz — zunächst für das Säugethiermark — behauptet. Die hier mitgetheilte Beobachtung über den Ursprung der hinteren Wurzeln bei *Ammocoetes* ist geeignet, Zweifel an der allgemeinen Giltigkeit der Gerlach'schen Angaben zu erregen. Zum Mindesten werden diejenigen einen ähnlichen Ursprung hinterer Wurzelfasern auch beim Menschen erwarten, die eine Übereinstimmung in den fundamentalen Verhältnissen des Rückenmarkbaues unter den Wirbelthieren für wahrscheinlich halten und geneigt sind, die Art, wie Nervenzellen und Nervenfasern im Rückenmark zusammenhängen, für ein solches fundamentales und physiologisch bedeutsames Verhältniss anzusehen.

Im Rückenmark von *Ammocoetes* habe ich bis jetzt zwar nichts gefunden, was dem Gerlach'schen Schema sich fügen würde, aber ich will damit nichts gegen die Existenz solcher Verhältnisse, wie sie Gerlach angibt, bei höheren Wirbelthieren gesagt haben, weil bei diesen leicht Complicationen haben eintreten können, die dem verhältnissmässig einfachen Rückenmark von *Ammocoetes* fern geblieben sind.

Überdiess habe ich selbst schon erwähnt, dass auch im Rückenmark von *Ammocoetes* möglicherweise eine zweite Art von Fasern in den hinteren Wurzeln existirt, deren Ursprung ver-

schieden ist von demjenigen, den ich für einen Theil der hinteren Wurzelfasern nachgewiesen habe.

---

## Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Die Hälfte eines Querschnittes des Rückenmarks von *Ammocoetes*, aus Müller'scher Flüssigkeit. Ein Stück der vorderen, äusseren Ecke fehlt.

*c*. Centralkanal,
*h*. Hinterzelle,
*hzf*. Hinterzellenfortsatz,
*M. f.* Müller'sche Faser,
*v*. Vorderhorn.

Fig. 2. Ein Querschnitt durch den ganzen *Ammocoetes*, Chromsäurepräparat. Die den Rückenmarkskanal umgebenden Gewebe sind nur theilweise gezeichnet.

*Ch. Chorda dorsalis.*
*Chs.* Die drei Schichten der inneren Chordascheide.
*d. Dura mater.*
*p. Pia mater.*
*ar*. Zellen und elastische Fasern im Arachnoidealraum.
*m*. Muskelsegmente.
*n. l.* Querschnitt des *nervus lateralis.*
*M. f.* Müller'sche Faser.
*c*. Centralkanal.
*h*. Hinterzelle.
*h. f.* Hinterzellenfaser.

Daneben andere Wurzelfasern,
*f*. die man nicht zu Hinterzellen verfolgen kann.
*h. w.* hintere Wurzel.
*s. G.* umgebendes fetthaltiges Gewebe, in dem bei Petromyzon das knorplige Skelet liegt.

---

Aus der k. k. Hof- und Staatsdruckerei in Wien.

Fig. 1




Fig. 2.

